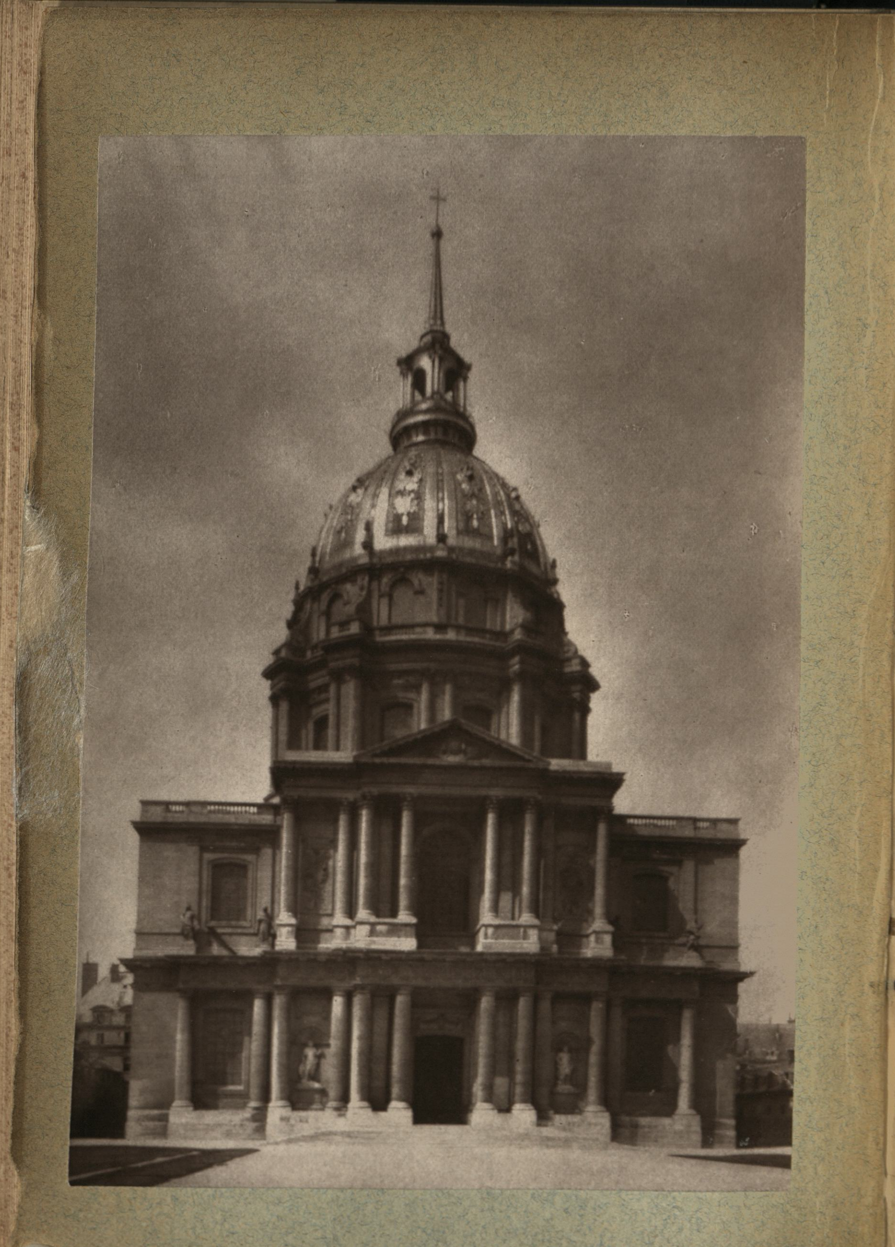
LA PHOTOGRAPHIE SANS OBJECTIF.

Paris. — Imp. Gauthier-Villars, 55, quai des Grands-Augustins.



BIBLIOTHÈQUE PHOTOGRAPHIQUE.

LA PHOTOGRAPHIE SANS OBJECTIF.

AUX VUES P…

AUX VUE…

Par R. COLSON,

Capitaine du Génie.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1887

VUE DU DOME DES INVALIDES

Prise à 100m de l'axe de la croix.

(hauteur de la croix, 105m.)

Plaque au gélatinobromure.

Distance de la plaque sensible à l'ouverture, 0m,13.

Diamètre de l'ouverture, $\frac{3}{10}$ de millimètre.

Temps de pose, 20 secondes.

BIBLIOTHÈQUE PHOTOGRAPHIQUE.

LA PHOTOGRAPHIE SANS OBJECTIF.

APPLICATIONS

AUX VUES PANORAMIQUES, A LA TOPOGRAPHIE
AUX VUES STÉRÉOSCOPIQUES.

Par R. COLSON,
Capitaine du Génie.



PARIS,
GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE
DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,
Quai des Grands-Augustins, 55.

1887

PRÉFACE.

L'auteur s'est proposé, en écrivant ces quelques pages, d'attirer l'attention sur l'emploi, en Photographie, de la chambre noire à simple ouverture, sans objectif, dont il a fait une étude approfondie, et qui lui semble mériter mieux que l'indifférence et l'oubli.

Le Chapitre I est consacré à un examen comparatif de la formation des images au moyen des lentilles convergentes et des ouvertures étroites; on y démontre que celles-ci possèdent certaines propriétés remarquables dont celles là sont dépourvues, telles que : grande amplitude de mise au point, champ étendu, et précision géométrique.

Le Chapitre II contient des renseignements pratiques sur la Photographie au moyen d'une

chambre noire à simple ouverture ainsi que sur la construction de la chambre et de l'ouverture.

Dans un troisième et dernier Chapitre, on passe en revue certaines applications auxquelles ce procédé se prête admirablement, en insistant sur celles qui concernent : 1° les vues panoramiques en perspective cylindrique, permettant d'obtenir en une seule pose soit un quart d'horizon, soit un panorama tout entier; 2° les levers topographiques, au moyen de clichés plans donnant par de très simples constructions géométriques la planimétrie et le nivellement de tous les points du terrain visibles, dans un angle atteignant 90°, des sommets d'une base connue; 3° les vues stéréoscopiques, que chacun peut obtenir très facilement au moyen de cette chambre noire, et examiner à la distance de la vision distincte, sans appareil spécial. On indique, en outre, dans ce Chapitre, l'organisation à donner à la chambre suivant l'application à laquelle elle est destinée.

— III —

Ce procédé, fondé sur l'emploi d'un petit trou comme seul organe optique, est donc susceptible de rendre de grands services non seulement pour ses caractères spéciaux à l'officier, au topographe, au touriste, à l'ingénieur, et à l'artiste, mais encore, d'une façon générale, par sa simplicité, par son amplitude de mise au point et par la facilité avec laquelle chacun peut construire très économiquement chambre et ouverture, à tous les amateurs de Photographie.

LA PHOTOGRAPHIE

SANS OBJECTIF.

CHAPITRE I.

Formation des images dans la chambre noire à simple ouverture. — Comparaison avec les images produites par les lentilles convergentes.

Tout le monde connaît le phénomène de la formation des images des objets extérieurs dans une chambre obscure dont les volets sont percés d'un trou, au travers duquel pénètrent des rayons lumineux qui émanent de ces objets ; il suffit, pour observer ces images, de les recevoir sur un écran quelconque, tel qu'un mur, une feuille de papier tenue verticalement, etc. Si l'on fait varier la forme et la section de l'ouverture, on s'aperçoit bien vite que la netteté des images est plus grande avec une ouverture circulaire qu'avec toute autre forme, et qu'elle

augmente lorsque le diamètre de l'ouverture diminue.

Ce phénomène, quoique connu bien longtemps avant la découverte des propriétés des lentilles de verre, n'a pas été utilisé à l'origine de la Photographie, parce que les substances employées à cette époque, telles que le bitume de Judée et le chlorure d'argent, possèdent une faible sensibilité, et qu'il faut, pour les impressionner suffisamment, des images beaucoup plus éclairées que celles qui proviennent d'une ouverture de quelques dixièmes de millimètre de diamètre ; les lentilles convergentes pouvaient seules produire cette intensité de lumière, tout en conservant aux images leur netteté.

Depuis cette époque, et par suite des progrès rapides de la Photographie, ces substances ont été remplacées d'abord par le collodion imprégné d'iodure et de bromure d'argent, qui a permis de réduire déjà beaucoup la durée de pose, puis par le gélatinobromure d'argent, dont la sensibilité est telle qu'il est possible de photographier instantanément les objets animés de mouvements rapides, tels qu'un cheval au galop, un oiseau au vol. Cette faculté d'obtenir des photographies instantanées, qui prennent la

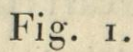
vie pour ainsi dire sur le fait, exerce une grande séduction sur les esprits ; et, cependant, combien d'applications pour lesquelles cette instantanéité n'est pas nécessaire, et auxquelles il suffirait d'appareils photographiques très simples utilisant à la fois les images dues à la simple ouverture et l'emploi si commode du gélatinobromure ! Ce qui n'était pas possible autrefois l'est devenu aujourd'hui, grâce à la sensibilité de ce produit ; le faible éclairement des images produites par une ouverture étroite suffit actuellement pour impressionner le gélatinobromure en un petit nombre de secondes ; on y gagne non seulement une simplification de matériel, mais encore la possibilité de mettre à profit un phénomène qui présente certains caractères spéciaux.

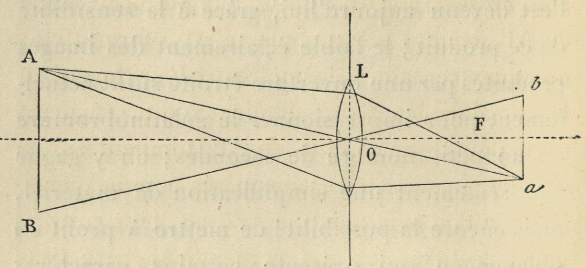
Les images de la chambre obscure à ouverture simple possèdent, en effet, trois propriétés remarquables, dont les objectifs sont dépourvus ; il est facile de s'en convaincre en étudiant la façon dont les images se forment dans les deux cas.

Nous commencerons par les lentilles.

Soient une lentille convergente L (*fig.* 1) et un objet AB donnant au moyen de cette lentille une

image *ab*, renversée. La position de cette image est bien déterminée dans l'espace, et il faut, pour l'apercevoir nettement, disposer l'écran à une distance précise de la lentille ; si on le place un peu plus près ou un peu plus loin, de quelques millimètres seulement, la netteté diminue très vite, et même l'image disparaît. Dans la


Fig. 1.



chambre noire photographique, formée de deux parois verticales et parallèles réunies par un soufflet qui permet de les écarter plus ou moins, la paroi antérieure porte la lentille, et la paroi postérieure joue le rôle d'écran ; la lentille prend le nom d'objectif photographique, par analogie avec la lentille qui, dans les lunettes, est tournée vers les objets à examiner ; un verre dépoli peut s'adapter à la place de la paroi postérieure et permet d'apercevoir, de l'extérieur de

cette sorte de boîte, en s'abritant du jour sous un voile noir, les images qui se peignent, à l'intérieur, sur la surface du verre. On vérifie ainsi facilement ce que nous venons d'énoncer, ainsi que les faits suivants :

1° Si l'objet AB se trouve très près de la lentille, l'image *ab* se forme en dehors et très loin du foyer principal F de la lentille ; si AB s'éloigne, *ab* se rapproche de F ; lorsque la distance de AB devient très grande, c'est-à-dire atteint quelques centaines de mètres, *ab* se forme en F, car alors les rayons lumineux qui, émanant d'un point quelconque de AB, tombent sur la lentille, peuvent être considérés comme parallèles, et l'on sait que, dans ce cas, leur convergence a lieu sur une perpendiculaire à l'axe optique principal de la lentille, passant par le point F ; nous rappelons que l'on nomme axe optique principal d'une lentille la droite qui joint les centres des deux surfaces sphériques entre lesquelles la masse de verre est limitée.

La position de l'écran pour laquelle l'image est nette dépend donc de la distance de l'objet à la lentille ; elle n'est nette, c'est-à-dire au point, suivant l'expression consacrée, qu'à une

certaine distance du foyer principal F pour les plans rapprochés, et qu'à l'emplacement même du foyer pour les plans éloignés ; dans l'intervalle, la mise au point se fait entre ces deux positions extrêmes. Il en résulte qu'il n'est pas possible d'obtenir à la fois, dans une même position de l'écran, des images nettes de tous les objets extérieurs ; si l'on fait le point pour les objets rapprochés, les lointains manquent de netteté ; si on le fait pour les objets éloignés, c'est l'inverse.

2° Un écran de surface déterminée contiendra les images d'un nombre d'objets d'autant plus grand que sa position sera plus rapprochée de la lentille ; donc il y a avantage à diminuer la distance focale OF, c'est-à-dire à augmenter la convergence de la lentille. On parvient ainsi à donner une certaine valeur à l'angle sous lequel les rayons lumineux extrêmes entrent dans la chambre ; cet angle s'appelle le champ de l'objectif. Mais, en augmentant la courbure de la lentille, on déforme les images ; on diminue cet inconvénient en substituant à la lentille unique un système de deux ou plusieurs lentilles, dont l'ensemble donne une faible distance focale, mais dont chacune possède une courbure moindre.

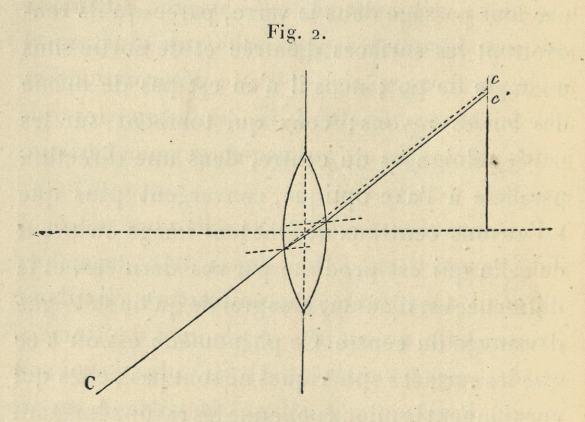
Malgré tout, le champ des objectifs photographiques atteint difficilement 60°.

3° Les rayons lumineux qui tombent sur la partie centrale de l'objectif, dans la direction de son axe optique principal, ne sont pas déviés par leur passage dans le verre, parce qu'ils rencontrent les surfaces d'entrée et de sortie sous un angle de 90°; mais il n'en est pas de même des autres rayons; ceux qui tombent sur les parties éloignées du centre, dans une direction parallèle à l'axe optique, convergent plus que les rayons centraux et font leur image en avant de celle qui est produite par ces derniers, et la différence est d'autant plus grande qu'on s'éloigne davantage du centre. Ce phénomène est dû à ce que les surfaces sphériques ne sont pas celles qui conviennent le mieux pour que les rayons émanant d'un point et tombant sur la lentille convergent tous en un point unique. On remédie en partie à cet inconvénient en disposant sur le trajet des rayons lumineux, en dedans de l'objectif, et entre les deux lentilles s'il y en a deux, un diaphragme, ou lame métallique percée d'un trou circulaire qui laisse seulement passer les rayons centraux, en arrêtant les rayons des bords.

Considérons maintenant (*fig.* 2) un rayon

passant par le centre O de la lentille et faisant un certain angle avec l'axe optique principal; comme il rencontre la surface de la lentille sous un angle différant de 90°, il se réfracte en entrant dans le verre, en se rapprochant de la normale

Fig. 2.



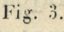
à la surface en ce point, parce que le verre est plus dense que l'air; à sa sortie, il se réfracte également, en s'éloignant cette fois de la normale, parce qu'il passe dans un milieu moins dense que le verre; si l'on admet que la courbure de la surface de sortie soit égale à celle de la surface d'entrée, il prend une direction parallèle à sa direction primitive, mais avec un certain écart, de sorte que, au lieu de rencontrer

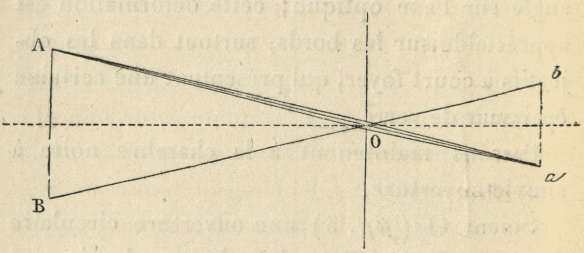
l'écran en *c* sur le prolongement de cette première direction, il le rencontre en *c'*, qui peut être notablement éloigné de *c*. Il y a donc, même dans le cas où les deux surfaces ont la même courbure, c'est-à-dire dans le cas le plus favorable, déformation des images, d'autant plus grande que les rayons font un plus grand angle sur l'axe optique; cette déformation est appréciable sur les bords, surtout dans les objectifs à court foyer, qui présentent une certaine épaisseur de verre.

Passons maintenant à la chambre noire à simple ouverture.

Soient O (*fig.* 3) une ouverture circulaire étroite, telle qu'elle puisse donner des images nettes (*voir* Chap. II), AB un objet, *ab* son image. Puisqu'il y a image réelle de A en *a*, c'est que certains rayons lumineux issus de A viennent converger en *a*, car il ne saurait y avoir image réelle sans une concentration de rayons lumineux; comme ces rayons ne traversent, entre A et *a*, qu'un milieu unique et homogène, l'air, cette convergence ne peut provenir que de l'influence des bords de l'ouverture; les rayons qui rasent les bords sont, par ce fait, déviés de leur direction primitive, et rendus

convergents ; c'est le phénomène de la diffraction. On voit d'ailleurs que le rayon émanant de A et passant par le centre O de l'ouverture, n'est pas dévié, parce qu'il occupe une position symétrique par rapport aux bords du trou; il constitue l'axe d'un faisceau qui part de A,


Fig. 3.



tombe sur la surface de l'ouverture et se concentre en *a*. Il y a donc encore, comme dans les objectifs, une position de l'écran pour laquelle, avec un diamètre déterminé d'ouverture, l'image *ab* de l'objet AB est au point et présente le maximum de netteté ; seulement, comme l'angle au sommet *a* du cône lumineux a une valeur très faible, le diamètre du trou n'ayant que quelques dixièmes de millimètre, on peut écarter l'écran notablement (de quelques centimètres, comme on le verra plus loin) de la

position précise de mise au point, sans que la netteté en soit sensiblement altérée.

1° Il en résulte que les premiers et les derniers plans sont au point en même temps, et qu'on peut, sans changer la chambre de place, faire varier les dimensions de l'image en écartant plus ou moins, dans les limites permises par le diamètre du trou, l'écran de l'ouverture.

2° Le champ dépend uniquement du diamètre de l'ouverture et de l'épaisseur des bords ; d'après les résultats obtenus par l'auteur (*voir* Chap. II), on peut atteindre et même dépasser 90°.

3° L'axe de chaque faisceau lumineux n'éprouvant aucune déviation en entrant dans la chambre, les images se trouvent à leur place géométrique et ne présentent pas de déformations.

Il résulte de cet examen comparatif que la simple ouverture possède trois propriétés remarquables dont les objectifs sont dépourvus :

1° Elle donne des images nettes entre des limites étendues de distance de l'écran à l'ouverture et de l'objet à l'ouverture.

2° Elle possède un grand champ, qui atteint et même dépasse 90°.

3° Elle produit des images sans déformations

et dont la position est déterminée avec une précision géométrique.

Il faut dire que l'éclairement des images est plus faible qu'avec les objectifs ; mais il est encore suffisant pour photographier les objets en repos, sans une durée de pose exagérée, comme nous le verrons dans le Chapitre suivant.

CHAPITRE II.

Photographie au moyen de la chambre noire à simple ouverture. — Renseignements pratiques.

Avant de passer en revue les applications de la chambre noire à simple ouverture, il est indispensable de bien connaître les conditions à remplir pour obtenir par ce procédé des épreuves photographiques présentant le maximum de netteté.

La netteté dépend essentiellement du diamètre et de la nature de l'ouverture.

Voici le résumé des résultats que l'auteur a obtenus en pratiquant des trous de différentes façons dans des lames métalliques minces, et en recevant les images sur des plaques sensibilisées.

Le diamètre du trou doit varier avec la distance de l'écran à l'ouverture ; ainsi, pour une distance de $0^m,08$, le diamètre doit être de $\frac{3}{10}$ de

millimètre; pour une distance de $0^m,30$, il doit être de $\frac{5}{10}$ de millimètre, soit une différence de diamètre de $\frac{2}{10}$ de millimètre pour une variation de distance de $0^m,22$.

Le trou le plus convenable est circulaire et pratiqué dans une lame de cuivre ou de zinc de $\frac{2}{10}$ environ de millimètre d'épaisseur; on se sert, pour le percer, d'une mèche à tranchant incliné, de façon que le trou soit formé par un cône très ouvert, qui donne un champ considérable. Il est indispensable que les bords ne présentent pas de bavures. On perce d'abord avec la mèche une ouverture un peu plus petite que l'ouverture définitive, puis on l'amène au diamètre voulu en y enfonçant une aiguille jusqu'à un trait marqué d'avance sur la section de la tige ayant le diamètre fixé.

Une fois ce point éclairci, on a cherché l'angle maximum dans lequel les images se produisent avec une intensité sensiblement uniforme; pour une ouverture de $\frac{5}{10}$ de millimètre, cet angle est de 100° environ; pour celle de $\frac{3}{10}$, il est un peu moindre, mais encore supérieur à 90°. Afin d'éviter que les rayons lumineux rencontrent la plaque sensible trop obliquement, il est bon de ne pas dépasser un champ de 90°; c'est donc

cette valeur qu'il convient d'adopter comme maximum; elle donne lieu à des clichés nets même sur les bords.

La durée de pose n'est pas aussi longue qu'on serait tenté de le croire *a priori*, étant donné le faible diamètre de l'ouverture; elle dépend de la distance de l'écran à l'ouverture, car l'éclairement des images est d'autant plus faible que cette distance est plus grande. Elle est de 10 à 15 minutes avec le collodion, par un temps couvert, pour une ouverture de $\frac{5}{10}$ de millimètre et une distance de $0^m,25$; avec les plaques Monkhoven, au gélatinobromure, elle est de 30 à 40 secondes par un temps couvert, pour une ouverture de $\frac{3}{10}$ de millimètre et une distance de $0^m,085$, et de 10 secondes environ par le soleil, dans les mêmes conditions d'ouverture et de distance; ces chiffres se rapportent à des paysages et doivent être augmentés pour des objets rapprochés; ainsi la durée de pose est de 1 minute pour un objet bien éclairé, dans l'atelier, à une distance de 3^m, avec un écartement de $0^m,30$ entre la plaque et l'ouverture. Le papier au gélatinobromure (Hutinet) et les pellicules sur carton (Thiébaut) ont été essayés aussi, comme utiles dans les applications de

l'ouverture simple (*voir* Chap. III); ils exigent un temps de pose deux à trois fois plus long que les plaques Monkhoven, toutes choses égales d'ailleurs. On fait remarquer que les clichés, sur verre et papier, ont été révélés au moyen du procédé ordinaire de l'oxalate de fer, avec addition d'acide citrique pour le papier, et que les durées de pose indiquées plus haut sont celles qui donnent les meilleurs résultats avec ce révélateur; pour les pellicules, il est nécessaire de se servir d'un révélateur plus énergique, à l'acide pyrogallique, dont la composition est indiquée dans une notice jointe aux pellicules.

On voit combien il est facile de construire et d'employer un appareil photographique de ce genre; on réalise ainsi une économie notable, car l'objectif est la partie la plus coûteuse du matériel photographique. Nous venons de donner des renseignements suffisants pour la confection de l'ouverture. Quant à la chambre noire, ce n'est pas autre chose qu'une petite caisse en bois, ouverte d'un côté pour l'introduction du châssis contenant la plaque sensible, et munie, du côté opposé, de l'ouverture étroite. On pratique dans la paroi une fenêtre de quelques centimètres de hauteur et de largeur, de façon que les rayons

lumineux puissent entrer sous forme d'un cône ayant un angle au sommet de 90°, et l'on fixe par un procédé quelconque sur la paroi la lame métallique dans laquelle l'ouverture étroite a été pratiquée, en ayant soin de placer cette ouverture au milieu de la paroi et de coller du papier sur les joints pour empêcher la lumière d'entrer par ceux-ci à l'intérieur de la boîte; il est bon de coller encore du papier noir sur la face intérieure de la feuille de métal, afin de supprimer la surface réfléchissante, qui pourrait diffuser une certaine lumière sur la plaque sensible.

Si la chambre est à soufflet, pour permettre de placer la plaque à différentes distances de l'ouverture, il faut se réserver la possibilité de changer le diamètre de l'ouverture en conséquence; à cet effet, dans la feuille métallique seront pratiquées trois ouvertures ayant respectivement des diamètres de $\frac{3}{10}$, $\frac{4}{10}$ et $\frac{5}{10}$ de millimètre, pour servir entre $0^m,08$ et $0^m,30$, à et placées sur une même droite parallèle à l'un des côtés du rectangle de la feuille; les deux bords parallèles à cette direction seront engagés dans deux rainures, qui permettront de faire glisser la feuille de façon que l'ouverture convenable soit amenée au centre de la paroi

de la chambre. Il faut, enfin, disposer sur cette lame un obturateur, afin de ne laisser pénétrer la lumière que par l'ouverture centrale, et seulement au moment de la pose; on constitue l'obturateur au moyen d'une autre feuille métallique glissant sur la plaque des trous dans deux rainures perpendiculaires aux deux précédentes, et percée d'une fenêtre notablement plus large que l'ouverture, soit de $0^{m},01$ environ de diamètre; lorsque les parties pleines de l'obturateur se trouvent placées contre les ouvertures de la chambre, la lumière n'y pénètre pas; pour la pose, on amène la fenêtre en face de l'ouverture étroite.

Le verre dépoli sur lequel on observe, dans les chambres à objectifs, les images des objets n'est plus nécessaire ici pour la mise au point, puisqu'on sait quel diamètre il faut donner à l'ouverture pour chaque distance de la surface sensible; ce verre est même inutile, car l'éclairement des images est, en général, trop faible pour qu'on puisse les distinguer facilement, même en se couvrant la tête d'un épais et incommode voile noir. On a alors recours à un autre moyen permettant de diriger la chambre vers l'objet à photographier, et de voir si l'image de

cet objet est comprise sur la plaque sensible. Pour cela, si la chambre noire est une simple boîte, sans soufflet, on trace sur le dessus un angle dont le sommet est placé au milieu de l'arête supérieure de la paroi verticale antérieure, au-dessus de l'ouverture, et dont les côtés passent par deux points pris sur l'arête supérieure de la paroi verticale postérieure, au-dessus des bords de la plaque sensible; on dispose alors l'appareil de façon que l'objet soit compris entre les prolongements des deux côtés de cet angle, et l'on est ainsi sûr que son image se fait tout entière sur la plaque dans le sens horizontal. On répète la même opération sur une des faces latérales pour mettre l'image en plaque dans le sens vertical. Si la chambre est munie d'un soufflet, on ne trace pas les côtés de l'angle ; on se contente d'en indiquer le sommet au moyen d'une échancrure pratiquée sur le milieu de l'arête antérieure, et les extrémités des côtés, par le même procédé ou par une marque quelconque, sur l'arête postérieure, au-dessus des bords de la plaque; de même pour l'angle vertical.

CHAPITRE III.

Applications.

Les propriétés que nous avons reconnues à la chambre noire à simple ouverture sont très utiles pour certaines applications qui demandent soit une forme d'écran autre que la forme plane, soit un champ étendu, soit une précision géométrique ; mais il en est une dont l'avantage apparaît dans toutes les sortes d'applications de la Photographie, c'est celle de la mise au point simultanée de tous les objets placés dans le champ de la chambre, quelle que soit leur distance. Cette qualité est surtout manifeste lorsqu'on veut photographier des objets très rapprochés, placés, par exemple, à quelques mètres de la chambre ; dans ce cas, lorsqu'on se sert d'un objectif, une petite différence dans la distance des objets introduit une grande différence dans la distance des images, et, si l'objet

à représenter a quelque profondeur, certaines de ses parties sur lesquelles le point est fait donnent des images nettes, tandis que les autres donnent des images troubles; avec la chambre à ouverture étroite, ce phénomène ne se présente pas. Elle est donc particulièrement propre à photographier des objets, même rapprochés, présentant de la profondeur, tels que machines, monuments, objets d'art, etc.; elle joint à une exactitude rigoureuse une grande douceur et une grande harmonie de tons, qui impriment aux épreuves obtenues par ce procédé un cachet vraiment artistique.

Nous allons étudier maintenant certaines applications spéciales, telles que celles qui sont relatives aux vues panoramiques, aux levers topographiques et aux vues stéréoscopiques.

VUES PANORAMIQUES.

Il est souvent utile de représenter une portion ou l'ensemble de l'horizon qu'on aperçoit d'un point élevé; la Photographie par simple ouverture permet d'y arriver très facilement.

Nous avons vu que les images reçues sur la plaque sensible sont situées à l'intersection de

la surface de cette plaque avec les axes des différents faisceaux lumineux qui, émanant des points extérieurs, viennent tomber sur l'objectif ou sur l'ouverture étroite; nous avons vu aussi que, lorsque les axes de ces faisceaux tombent sur l'objectif à une certaine distance du centre et en faisant un certain angle avec l'axe optique principal, ils sont déviés et donnent des images qui sont déplacées de leur position exacte. Ce qu'on obtient donc sur la plaque sensible, avec un objectif, est une perspective déformée, dont la plaque forme le tableau, et dont le point de vue, placé au centre de l'objectif pour les images centrales, s'écarte de ce centre pour les images qui se peignent en dehors de la portion centrale, la déviation étant d'autant plus sensible que les images se rapprochent davantage des bords. Il en résulte qu'il n'est pas possible de restituer le terrain tel qu'il est en plaçant l'œil dans la position qu'occupait le centre de l'objectif par rapport à la plaque pendant la pose, puisque le point de vue n'est pas unique, comme il l'est lorsqu'on emploie une ouverture étroite; dans ce dernier cas, la perspective est mathématiquement exacte, et le point de vue se trouve au centre de l'ouverture.

Si, maintenant, on vient à développer sur un plan les unes à la suite des autres les six ou sept épreuves obtenues en faisant le tour d'horizon, et à promener l'œil le long de cette bande pour en examiner successivement les différentes parties, en le maintenant à la distance à laquelle on voit distinctement les images placées en face, l'œil ne se trouve, dans ce déplacement, que de temps en temps au point de vue de la portion centrale de chaque épreuve, lorsqu'il passe sur la perpendiculaire élevée au milieu de chacune, et encore faut-il, pour cela, que la distance du centre de l'objectif à la plaque ait été, pendant la pose, égale à la distance de la vision distincte. Entre ces perpendiculaires, l'œil ne voit plus que des images déformées qui ne sauraient représenter le panorama.

Pour remédier à cet inconvénient, on peut, il est vrai, augmenter le nombre des clichés, de telle sorte que, dans chacun, les rayons extrêmes de la perspective rencontrent le cliché sous un angle ne s'écartant pas trop de 90°; autrement dit, chaque cliché est réduit à sa portion centrale; mais l'opération de la pose est alors fort allongée et compliquée, et les raccords étant très nombreux introduisent de graves

causes d'erreurs dans l'ensemble du panorama.

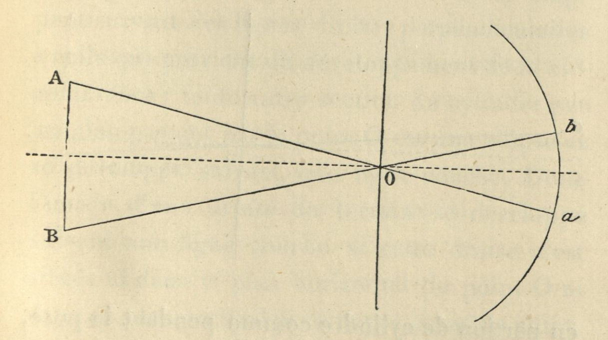
On a songé à exécuter automatiquement cette manœuvre, au moyen d'un appareil faisant le tour d'horizon par l'action d'un mouvement d'horlogerie; mais ce système, outre le manque de simplicité, a l'inconvénient de donner des images qui se recouvrent et qui empiètent les unes sur les autres.

La chambre noire à ouverture étroite résout très facilement le problème en permettant l'emploi d'un écran cylindrique. On reçoit alors les images sur une surface sensible enroulée en forme de portion de cylindre vertical dont l'axe passe par le centre de l'ouverture. On a ainsi une perspective cylindrique qui jouit des propriétés suivantes.

Soient O le centre de l'ouverture (*fig.* 4), A et B deux points extérieurs faisant leurs images en *a* et *b* sur la surface du cylindre représenté en plan par la section horizontale passant par le point O. Cette section est une portion de circonférence ayant son centre en O. Tous les plans verticaux passant par ce point, tels que A*a*, B*b*, rencontrent à angle droit la surface du cylindre; il en résulte que la lumière et les images ne sont pas dilatées sur les bords de

l'écran, comme cela a lieu avec un écran plan sur lequel les rayons extrêmes tombent obliquement. A un angle aOB correspond sur la circonférence un arc déterminé, qui reste identique à lui-même lorsque l'angle tourne autour de son sommet O sans changer de valeur; au-

Fig. 4.



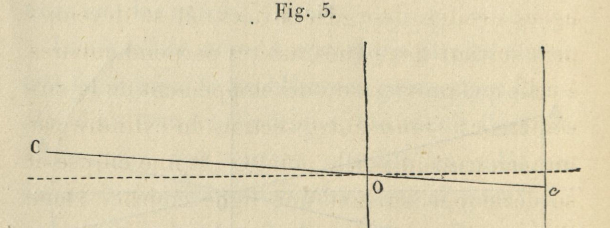
trement dit, les angles horizontaux sont conservés en perspective cylindrique.

Considérons maintenant (*fig.* 5) une coupe de la chambre et du cylindre par un plan vertical passant par le centre de l'ouverture; la section du cylindre est une droite génératrice. Tout point extérieur C placé dans ce plan vient faire son image c sur cette génératrice; si l'on ne prend du terrain situé à l'horizon qu'une

bande ayant une faible hauteur angulaire, les rayons lumineux tels que C*c* rencontreront la génératrice sous un angle voisin de 90°, et les images *c* ne seront pas sensiblement dilatées.

Supposons que l'épreuve positive du cliché cylindrique soit obtenue et enroulée de nouveau

Fig. 5.



en portion de cylindre comme pendant la pose, et qu'on place l'œil au point où se trouvait le centre de l'ouverture; on restituera alors exactement le terrain dans l'étendue du champ. Afin de faciliter cet examen, il est bon de donner au cylindre un rayon égal à la distance de la vision distincte; cette distance est variable suivant les individus, mais on peut prendre une moyenne entre $0^{m},25$ et $0^{m},30$.

Si l'on déroule l'épreuve sur un plan, l'œil,

en se déplaçant le long de cette bande à la distance de la vision distincte, aperçoit encore, dans chaque plan vertical, les objets tels qu'ils sont. La section du cylindre par le plan horizontal du point O est une circonférence et se développe suivant une ligne droite; les sections par les plans verticaux passant par O sont des lignes droites, les génératrices, et se développent suivant des lignes droites perpendiculaires à celle qui provient du développement de la circonférence; toute autre section du cylindre par un plan passant par le point O est une ellipse et se développe suivant une ligne courbe. Donc l'image d'une droite du terrain se développe suivant une ligne courbe si cette droite n'est située ni dans le plan horizontal du point O ni dans un plan vertical passant par ce même point. Il faut ajouter que la courbure de ce développement est peu sensible si le plan de la section rencontre les génératrices du cylindre sous un angle différant peu de 90°, ce qui a lieu lorsque le panorama est limité à une faible hauteur au-dessous de la ligne d'horizon. Ces considérations n'ont d'importance que si l'on examine à la fois une grande longueur du développement; mais on se contente le plus souvent de regarder

la partie qui se trouve en face de l'œil, à la distance de la vision distincte, et cette partie est assez restreinte pour que les courbures y soient peu sensibles et négligeables.

Lorsque la bande est enroulée cylindriquement, et qu'on place l'œil au point de vue, ces courbes, qui étaient dues au développement, redeviennent en perspective des lignes droites, et toute déformation disparaît.

On peut réaliser très simplement l'enroulement de la surface sensible en portion de cylindre. Cette surface est constituée par une couche de gélatinobromure déposée sur un support souple, papier ou pellicule ; avec le papier, les manipulations sont moins longues, mais les pellicules ont l'avantage d'être beaucoup plus transparentes. Ce qu'on obtient dans la chambre noire est, en effet, un cliché négatif, sur lequel les images sont inversées et représentent en noir les parties les plus éclairées des images, et en blanc les parties les plus sombres ; on en fait une épreuve positive et redressée en plaçant ce cliché, la gélatine en dessous, sur une feuille de papier sensibilisé soit au moyen de l'iodure d'argent, soit au moyen du gélatinobromure, et en exposant le tout à la lumière ; celle-ci pénètre

au travers des parties blanches du cliché, est arrêtée par les parties foncées et donne un dessin où les objets sont représentés dans le sens et avec l'éclairement qu'ils possèdent. Lorsqu'on se sert de papier au gélatinobromure comme cliché négatif, la lumière doit traverser ce papier pour produire l'épreuve positive ; il en résulte que celle-ci présente l'image du grain du papier ; cet inconvénient est atténué en partie si l'on huile le papier ; les pellicules sont dépourvues du grain et se rapprochent beaucoup, au point de vue de la transparence, des plaques de verre.

Le cylindre se construit au moyen de deux planchettes sciées en forme de demi-circonférences ayant pour rayon la distance de la vision distincte, soit $0^m,25$ à $0^m,30$; elles en forment les bases et sont réunies entre elles au moyen de deux montants verticaux cloués sur ces bases et occupant la position des génératrices extrêmes ; la feuille sensible, papier ou pellicule, est fixée au moyen d'épingles ou de punaises sur les tranches des deux bases ; on a soin de la tendre de façon qu'elle prenne à peu près la forme de la surface cylindrique indiquée par les bases. Le tout est ensuite disposé dans la chambre

noire de sorte que l'axe du cylindre passe par le centre de l'ouverture; un couvercle, adapté à l'entrée de la chambre, met la substance sensible à l'abri de la lumière.

Nous ne décrirons pas ici la suite des opérations photographiques, qui font l'objet d'un grand nombre de Traités spéciaux; nous nous contentons d'exposer seulement ce qui se rapporte spécialement à la chambre noire et à l'ouverture.

Nous avons vu que l'ouverture étroite la plus convenable pour une distance de $0^m,30$ de l'écran a un diamètre de $\frac{5}{10}$ de millimètre, et que le champ correspondant dépasse 90°; comme cette valeur de 90° donne de bonnes images, même sur les bords, et est commode pour la division du panorama, nous l'adopterons comme élément de panorama; on fait donc d'un seul coup le quart d'horizon sur un quart de cylindre, et l'ensemble des quatre bandes ainsi obtenues dans quatre positions successives de la chambre, chacune faisant un angle de 90° avec la précédente, forme le panorama complet. Les quatre clichés négatifs donnent lieu à quatre épreuves positives; en fixant celles-ci sur des feuilles de carton ou de métal, en les raccordant par la superposition des images appartenant aux mêmes objets, et en

les enroulant en un cylindre complet ayant le rayon du cylindre des clichés, on a le panorama entier; si l'on place la tête à l'intérieur de ce cylindre et l'œil sur l'axe à la hauteur à laquelle se trouvait l'ouverture de la chambre par rapport aux images pendant la pose, et si l'on tourne sur soi-même en maintenant l'œil dans cette position, on aperçoit successivement toutes les parties de l'horizon complet. Ou bien encore on développe cette longue bande sur un plan, et l'on en examine successivement les différentes parties en déplaçant l'œil d'un bout à l'autre, à la distance de la vision distincte.

Il est nécessaire, pour un bon raccordement entre les quatre quarts d'un même panorama, de faire en sorte que chaque position de la chambre noire fasse un angle de 90° avec la position précédente. Le moyen le plus simple d'y arriver est le suivant, en supposant que la caisse formant la chambre ait des parois sensiblement à angle droit les unes sur les autres. On cherche un point éloigné placé dans le prolongement du plan d'une des parois latérales de la chambre, lorsqu'elle est dans la position de la première pose; quand celle-ci est terminée, on fait tourner l'appareil jusqu'à ce que le plan de la paroi anté-

rieure ou postérieure passe par le point en question; on fait ainsi décrire à la chambre un angle de 90°, et ainsi de suite. Il est bon de donner à la bande sensible une longueur telle qu'elle recueille les images dans un angle un peu supérieur à 90°, afin d'avoir, sur les bords des épreuves consécutives, des images communes permettant le raccordement.

Il est nécessaire aussi de conserver à la chambre, dans les quatre poses, la même inclinaison par rapport au plan horizontal de la station, résultat facile à obtenir au moyen d'un niveau à bulle d'air que l'on dispose sur le dessus de la chambre dans le plan vertical médian; on se sert aussi de ce niveau pour assurer l'horizontalité des arêtes perpendiculaires à ce plan vertical.

Comme il y a intérêt à obtenir que, dans le développement sur un plan, la silhouette du terrain à l'horizon ne soit pas déformée, on fait en sorte que les rayons lumineux venant de cette partie du terrain et passant par l'ouverture étroite fassent avec les génératrices du cylindre un angle voisin de 90°; il suffit, pour cela, de diriger le plan du dessus de la chambre vers la ligne d'horizon ou du moins vers l'horizon moyen, si le terrain est accidenté.

On peut obtenir les quatre quarts d'un panorama, et même plusieurs panoramas à la suite l'un de l'autre sur la même bande de papier, en disposant dans la chambre un rouleau de papier au gélatinobromure, dont on déroule la longueur nécessaire pour chaque pose en même temps qu'on enroule, à l'autre extrémité, la longueur qui vient de poser; il suffit, pour cela, de deux tambours mobiles autour d'axes verticaux, dont l'un, celui qui enroule, est mis en rotation au moyen d'une manivelle extérieure, et dont l'autre frotte contre un ressort qui permet d'en régler la mobilité.

Enfin, il est possible encore d'obtenir en une seule pose le panorama complet, en plaçant quatre portions de cylindre dans une caisse à section horizontale carrée, comme nous l'avons indiqué, et en adaptant aux quatre panneaux quatre ouvertures étroites identiques, qu'il est facile d'obtenir au moyen d'une aiguille calibrée (*voir* Chap. II). En ouvrant et fermant ces quatre ouvertures à la fois, au moyen d'un voile noir par exemple, on est sûr d'avoir la même durée de pose, avec le même état du ciel, c'est-à-dire le même éclairement; et en révélant ces quatre bandes pendant le même temps dans des bains identiques, on est

sûr d'obtenir des images d'une intensité uniforme sur toute la longueur du panorama.

Nous avons supposé qu'on opérait avec une chambre pouvant contenir un quart de cylindre ayant un rayon de $0^{m},30$; la section horizontale de cette chambre devrait avoir comme dimensions intérieures $0^{m},30$ sur $0^{m},45$ environ. Ces chiffres n'ont rien d'exagéré pour une opération faite dans une station unique, où il est possible d'improviser une pareille chambre noire avec une caisse quelconque, pourvu qu'elle ait des dimensions suffisantes ; mais il n'en est plus de même si l'on se transporte d'un point à un autre, dans une excursion par exemple, pour prendre des vues en différentes stations ; dans ce cas, une pareille chambre, même démontable, serait trop encombrante. Il vaut mieux se servir alors d'une petite chambre, telle que celles organisées pour recevoir des châssis de plaques 13×18, et y adapter une portion de cylindre ayant un rayon de $0^{m},085$ environ ; un rouleau de papier sensible au gélatinobromure, approvisionné à l'intérieur et se déroulant au moyen de deux tambours, comme il a été indiqué plus haut, permettra de faire, à la suite l'une de l'autre, un grand nombre de poses ; le diamètre de l'ouverture doit être alors

de $\frac{3}{10}$ de millimètre. Si l'on ne se contente pas de ces clichés négatifs, qui, huilés et retournés, donnent les images des objets dans leur vrai sens, on les amplifie, enroulés cylindriquement, au moyen de la même ouverture placée exactement dans la position où elle se trouvait par rapport au cliché pendant la pose, en recevant l'image sur une pellicule ou une feuille de même papier enroulée en portion de cylindre de $0^m,30$ de rayon, dont l'axe passe par le centre de l'ouverture ; on obtient ainsi en même temps une amplification et une épreuve positive. On peut remplacer le papier par une pellicule, à la condition d'organiser dans la chambre un mécanisme au moyen duquel on remplace sur le cylindre la pellicule qui vient de poser par une autre.

Ou bien on se sert d'une glace 13×18 au gélatinobromure, placée à $0^m,085$ de l'ouverture, ce qui donne sur la glace un champ un peu supérieur à 90° dans la plus grande dimension ; ce cliché est ensuite substitué au terrain, dont il est la perspective, pour produire, au moyen de la même ouverture, placée exactement dans la position où elle était pendant la pose par rapport au cliché, une image sur pellicule ou papier au gélatinobromure enroulé en portion de cylindre

de $0^{m},30$ de rayon, comme dans la solution précédente. On produit ainsi amplification et épreuve positive; mais, cette fois, par transparence.

Cette deuxième méthode a l'avantage d'employer un cliché sur verre, dont les images sont plus nettes que celles d'un cliché sur papier; mais, en revanche, elle nécessite l'emploi de châssis et de plaques de verre, matériel plus encombrant et plus lourd qu'un rouleau de papier sensible.

Dans les deux cas, la chambre est réduite à de très faibles proportions.

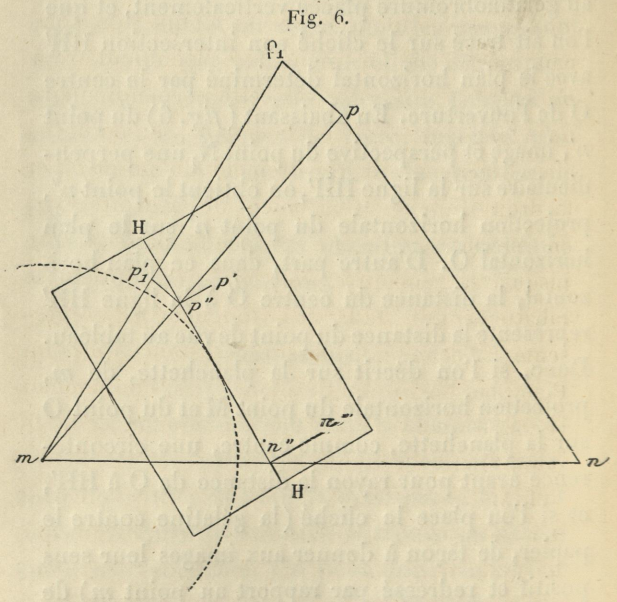
TOPOGRAPHIE.

Un cliché plan obtenu dans la chambre à ouverture étroite représente une perspective exacte, mais renversée, des objets extérieurs ; le point de vue de cette perspective se trouve au centre même de l'ouverture. On peut donc, au moyen de clichés pris en deux stations M et N, restituer sur une planchette, par recoupements, tous les points du terrain vus à la fois de ces deux stations, à la condition d'avoir rapporté, au préalable, sur la planchette les positions *m* et *n* de ces deux points, à l'échelle fixée.

Supposons, en effet, que du point M on prenne par ce procédé une vue dans laquelle soit compris le point N, en employant une glace au gélatinobromure placée verticalement, et que l'on ait tracé sur le cliché son intersection HH′ avec le plan horizontal déterminé par le centre O de l'ouverture. En abaissant (*fig.* 6) du point n', image et perspective du point N, une perpendiculaire sur la ligne HH′, on obtient le point n'', projection horizontale du point n' sur le plan horizontal O. D'autre part, dans ce plan horizontal, la distance du centre O à la ligne HH′ représente la distance du point de vue au tableau. Donc, si l'on décrit sur la planchette, de m, projection horizontale du point M et du point O sur la planchette, comme centre, une circonférence ayant pour rayon la distance de O à HH′, et si l'on place le cliché (la gélatine contre le papier, de façon à donner aux images leur sens positif et redressé par rapport au point m) de telle sorte que la ligne HH′ soit tangente à la circonférence et que le point n'' se projette exactement sur la ligne mn, l'image photographique représentera en position le rabattement horizontal, autour de HH′, de la perspective du terrain compris sur le cliché. Si l'on abaisse de

chaque point p', par exemple, de l'image une perpendiculaire $p'p''$ sur HH', la droite mp'' représente la projection horizontale de la droite

Fig. 6.



OP ; donc la projection horizontale du point P du terrain sur la planchette doit se trouver sur la droite mp''. En opérant de la même manière en N, on obtient sur la planchette une autre droite qui coupe mp'' en p, projection cherchée du point P.

D'autre part, une construction graphique très simple donne la distance du point P du terrain au plan horizontal du point O ; il suffit de rabattre le triangle OpP autour de sa trace horizontale mp, au moyen du triangle $Op'p''$ que l'on connaît ; pour cela, on mène la perpendiculaire à mp en p'' et l'on porte sur cette perpendiculaire une longueur $p''p'_1$ égale à $p'p''$; le point p'_1 ainsi obtenu est le rabattement du point p', et la droite mp'_1 le rabattement de la droite Op ; en élevant en p une perpendiculaire à mp jusqu'à sa rencontre avec mp'_1, on obtient le rabattement P_1 de P, et la longueur pP_1 représente, à l'échelle du dessin, la distance du point P au plan horizontal du point O ; si l'on connaît la cote du point M, et, par conséquent, celle du point O, on en déduit celle du point P.

Donc, en partant d'une base MN, on peut déterminer par ce procédé, en n'employant que quelques constructions géométriques très simples, la planimétrie et le nivellement des points que l'on aperçoit des stations M et N dans un angle pouvant atteindre près de 90° de part et d'autre de la droite MN. Au moyen d'un canevas convenablement choisi, et en opérant de proche en proche, cette méthode permet de lever très

rapidement une grande étendue de terrain; elle est surtout utile pour déterminer la topographie de régions où il est difficile ou impossible d'accéder.

La précision d'un semblable levé dépend de la nature de la matière sensible et de son support, ainsi que de la façon dont sont déterminés les points tels que *p*. Or, la couche de gélatine impressionnable est complètement adhérente au support et ne subit de déformations par son passage dans les bains que si le support lui-même en est affecté; le verre présente une invariabilité absolue, et c'est pour cette raison que nous n'avons parlé que de clichés sur verre dans cette application. Toutefois, comme le verre apporte une certaine gêne dans les constructions géométriques indiquées plus haut, et que, d'autre part, il est nécessaire que l'image photographique soit assez transparente pour permettre de l'orienter sur la planchette, on peut se servir d'une épreuve positive sur papier mince au ferrocyanure, sans la soumettre au lavage; l'image disparaîtra, il est vrai, au bout de quelque temps, par l'effet de la lumière, mais on aura vite fait de l'employer; d'ailleurs il sera facile d'en obtenir du même cliché autant qu'il

sera nécessaire. Cette épreuve remplacera le cliché et permettra de piquer rapidement sur la planchette la position des points tels que p'' et p'_1.

Pour que le recoupement p soit fait dans de bonnes conditions, il importe que le point p'' soit éloigné le plus possible du point m; car plus il sera loin, et moins l'erreur commise sur sa position aura d'influence sur la direction de la droite mp et, par suite, sur la position du point p; d'autre part, l'intersection p ne sera bien déterminée que si les droites mp et np ont des directions très différentes faisant entre elles un certain angle.

Pour tracer sur le cliché la droite HH′, on disposera à poste fixe dans la chambre, en avant de l'emplacement de la glace sensible, un cadre métallique portant un fil fin horizontal, dont l'ombre sera projetée sur le cliché pendant la pose; ce fil doit être exactement dans le plan horizontal du centre O de l'ouverture lorsque l'appareil est en station; il faut, d'autre part, que la glace soit verticale. On réalise ces conditions en construisant les châssis de telle sorte que la glace soit perpendiculaire au-dessus de la paroi supérieure de la chambre, en plaçant

ce dessus horizontal, en déterminant (au moyen d'un cathétomètre, par exemple) le plan horizontal du centre de l'ouverture pratiquée au centre de la paroi antérieure de la chambre, et en fixant le fil de façon que ses deux extrémités se trouvent dans ce plan.

Les châssis qui servent de support aux glaces doivent être construits avec soin, de façon que la surface sensible se trouve exactement à la distance voulue du centre de l'ouverture. Cette distance sera fixée d'après le champ et les dimensions d'image qu'on désire obtenir.

VUES STÉRÉOSCOPIQUES.

Ce procédé de photographie offre un moyen très facile d'obtenir des vues stéréoscopiques donnant la sensation du relief des objets, sans qu'on soit obligé d'employer un stéréoscope. De telles vues présentent un grand intérêt, car elles permettent de conserver le souvenir très exact d'un paysage, d'un monument, d'un objet d'art, d'une machine, etc., et donnent la possibilité de revoir ces objets tels qu'ils sont dans l'espace, comme si on les regardait réellement avec les deux yeux.

On sait qu'une vue stéréoscopique d'un objet consiste en deux dessins représentant chacun l'aspect sous lequel cet objet est vu séparément par chacun des deux yeux, de telle sorte que, en plaçant simultanément chaque œil en face de chacune de ces deux images, on ait la sensation du relief de l'objet comme si l'on voyait celui-ci directement à sa position dans l'espace. Cette restitution a lieu lorsque les pinceaux lumineux, émanant des deux points qui représentent les images de chaque point de l'objet, et aboutissant aux deux yeux, sont situés dans un même plan et font entre eux un angle égal à celui que font entre eux les pinceaux lumineux émanant du point lui-même de l'objet et aboutissant aux deux yeux.

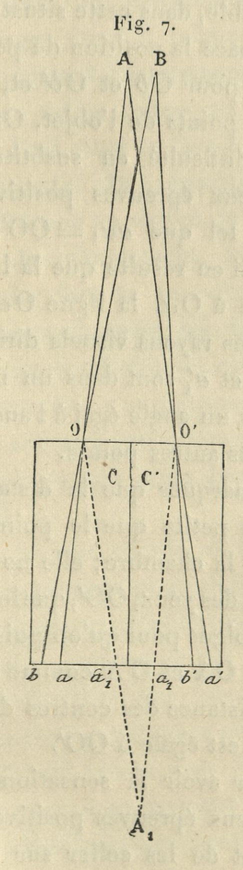
Pour obtenir ce résultat avec la chambre à ouverture étroite, il suffit de remplacer l'ouverture unique par deux autres, identiques, placées sur une ligne horizontale et séparées par une distance égale à l'écartement des axes des deux yeux, soit $6^{cm},5$ environ, et de disposer un carton noirci dans la chambre, de façon à la partager verticalement en deux parties égales, afin d'empêcher les rayons lumineux qui pénètrent par chaque ouverture d'aller former des images

sur la moitié de plaque sensible placée en face de l'autre ouverture ; l'angle des pinceaux qui, émanant de chaque point de l'objet à représenter, passent par les deux ouvertures, est alors le même que si ces pinceaux aboutissaient aux deux yeux ; si la plaque sensible se trouve à une distance des ouvertures égale à la distance de la vision distincte, on devra, en regardant à la fois les deux épreuves positives, convenablement placées l'une par rapport à l'autre, éprouver la sensation du relief de l'objet comme si on le voyait directement.

Soient, par exemple, deux points A et B de l'objet ; A donne les images a et a' (*fig.* 7) dans les deux chambres C et C′, et B les images b et b' ; si l'on substitue les deux yeux aux deux ouvertures O et O′, et qu'on regarde le cliché obtenu, placé comme il l'était pendant la pose, on aperçoit deux images renversées, avec a et a' à gauche, b et b' à droite ; en retournant le cliché autour d'un axe horizontal situé dans son plan, de façon que le côté du verre soit tourné vers les yeux, les deux images sont redressées et apparaissent aux yeux O et O′ dans le même sens que les épreuves positives auxquelles ce cliché donnerait lieu ; or, dans ce mouvement,

chacun des points a, a', b, b' est resté dans le

Fig. 7.



même plan vertical, c'est-à-dire que les lignes O a

et Oa', par exemple, vont en divergeant, et qu'il n'est pas possible, dans cette situation, de restituer dans l'espace la position du point A ; il en est de même pour Ob et Ob' et, en général, pour tous les points de l'objet. On fait disparaître cette difficulté en susbtituant l'une à l'autre les deux épreuves positives ; a vient alors en a_1 tel que $aa_1 = OO'$; de même, $a'a'_1 = OO'$; il en résulte que la ligne $O'a_1$ est alors parallèle à Oa, la ligne Oa'_1 parallèle à $O'a'$, et que les rayons visuels dirigés des deux yeux vers a_1 et a'_1 sont dans un même plan et font entre eux un angle égal à l'angle OAO$'$; de même pour les autres points.

Il faut remarquer que la distance $a_1a'_1$ est d'autant plus petite que le point A est plus rapproché de la chambre; elle ne devient égale à l'écartement des yeux, OO$'$, que lorsque le point A est assez éloigné pour qu'on puisse considérer les directions OA et O$'$A comme parallèles; en tout cas, la distance des centres des deux moitiés du cliché est égale à OO$'$.

Donc, pour avoir la sensation du relief au moyen des deux épreuves positives ainsi obtenues, il suffit de les coller sur un carton en plaçant à droite celle qui provient de la moitié

gauche du cliché (en regardant celui-ci, redressé, du côté du verre) et, inversement, les centres des deux images étant à même hauteur et à une distance égale à l'écartement des yeux; et de regarder en même temps ces deux images, chacune avec l'œil situé en face à la distance de la vision distincte. La séparation des deux regards est obtenue au moyen de deux tubes en carton, ou, plus simplement, au moyen d'un écran en papier fort ou en carton placé entre les deux images et entre les deux yeux ; et même, avec un peu d'habitude, cet écran devient inutile, car les yeux s'accoutument à ce genre d'exercice et arrivent promptement à combiner les deux images en une seule donnant la sensation du relief.

Le moyen le plus simple et le plus sûr de placer convenablement pour chaque écartement des yeux les épreuves stéréoscopiques consiste à coller deux de ces épreuves sur carton, séparément, et à rechercher une fois pour toutes la distance qu'il faut leur donner pour que les yeux ne voient qu'une image avec la sensation du relief; on mesure à ce moment l'écartement de deux points identiques représentant l'image d'un même point éloigné sur les deux épreuves, et

l'on connaît alors la valeur dont on doit les écarter désormais.

Si les épreuves ne comprennent pas l'image d'un point éloigné, on mesure la distance de leurs centres, déterminés sur les deux moitiés du cliché.

Cette méthode présente l'avantage d'être très simple et de produire des clichés stéréoscopiques dont les deux moitiés sont également éclairées.

L'écartement entre les deux trous étant de $6^{cm},5$ environ, chaque épreuve a cette largeur, ce qui correspond à la moitié d'une plaque 13×18 disposée de façon que la plus petite dimension soit horizontale ; on a ainsi un grand champ dans le sens vertical.

Si l'on veut avoir un plus grand nombre d'objets sur une vue de cette espèce, on rapproche la plaque sensible des deux ouvertures, de façon à obtenir le champ que l'on désire ; on examine alors les deux épreuves soit directement, si le point de vue est encore à une distance de vision distincte, soit, dans le cas contraire, au moyen de loupes formant oculaires et ayant un foyer tel que l'image virtuelle du plan des épreuves soit ramenée à cette distance.

Enfin, on a quelquefois intérêt à exagérer le relief produit par les deux yeux, surtout pour les objets éloignés; dans ce cas, on donne aux deux trous un écart supérieur à $0^{m},065$, mais on place encore les centres des deux épreuves à la distance de l'écartement des yeux.

FIN.

TABLE DES MATIÈRES.

Paris. — Imp. Gauthier-Villars, 55, quai des Grands Augustins.